

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

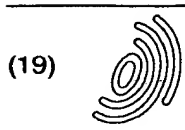
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 747 743 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.12.1996 Patentblatt 1996/50

(51) Int. Cl.⁶: G02B 13/22

(21) Anmeldenummer: 95108559.6

(22) Anmeldetag: 03.06.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE

(71) Anmelder: Jos. Schneider Optische Werke
Kreuznach GmbH & Co. KG
D-55543 Bad Kreuznach (DE)

(72) Erfinder: Wartmann, Rolf Dr.
Diplom-Mathematiker
D-55545 Bad Kreuznach (DE)

(74) Vertreter: Beckensträter, Margarethe
Rechtsanwältin,
Falkensteiner Strasse 23
60322 Frankfurt am Main (DE)

(54) Beidseitig telezentrisches Messobjektiv

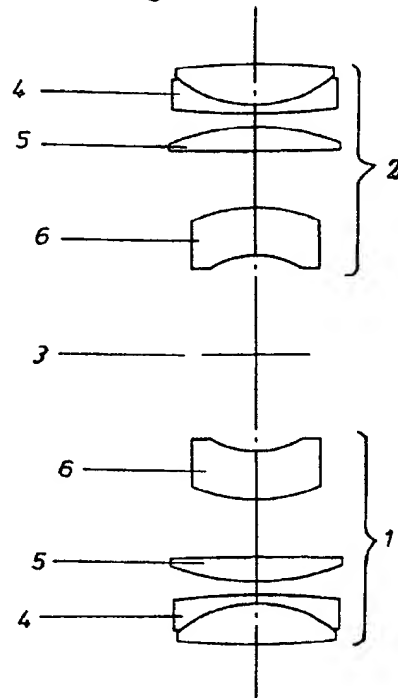
(57) Die Erfindung betrifft ein beidseitig telezentrisches Meßobjektiv für die berührungslose Längenmessung im zwei- und dreidimensionalen Raum.

Das Meßobjektiv besteht aus zwei, im Aufbau gleichen, optischen Teilsystemen, zwischen denen eine Irisblende angeordnet ist. Die beiden Teilsysteme sind zueinander so angeordnet, daß der hintere Brennpunkt des ersten Teilsystems mit dem vorderen Brennpunkt des zweiten Teilsystems zusammenfällt. Der Abbildungsmaßstab des Gesamtsystems ist gleich dem Verhältnis der Brennweiten der Teilsysteme.

Die optischen Teilsysteme bestehen aus jeweils drei Gliedern. Das erste Glied ist ein Kittglied mit positiver Brechkraft und einer streuenden Kittfläche. Das zweite Glied ist eine Sammellinse aus einem hochbrechenden Kronglas und das dritte Glied ist ein streuender Meniskus, wobei der Luftabstand zwischen dem zweiten und dritten Glied des optischen Teilsystems wesentlich größer ist, als der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Glied.

Durch den Einsatz derartiger Objektive in automatischen Fertigungslinien wird eine effektive Qualitätskontrolle wesentlich vereinfacht.

Fig. 1



EP 0 747 743 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein beidseitig telezentrisches Meßobjektiv für die berührungslose Längenmessung im zwei- und dreidimensionalen Raum.

Für die berührungslose Vermessung von Objekten in automatischen Fertigungslinien werden zunehmend Videokameras als Meßwertaufnehmer für Meßsysteme eingesetzt. Als Meßprinzip wird die Zentralprojektion der Objektpunkte in eine Bildebene angewendet. Dabei wird das Bild nach Digitalisieren im Bildverarbeitungsrechner interpretiert, und Strecken zwischen Konturmerkmalen des Objektes werden im Bild vermessen. Bekannte Voraussetzungen hierfür sind eine hinreichend genau definierte Kammerkonstante und die Lage des photogrammetrischen Hauptpunktes. Diese Größen definieren die sogenannte innere Orientierung der Meßkamera.

Die Meßgenauigkeit der Videomeßtechnik ist direkt abhängig von der Genauigkeit und Stabilität der Parameter der inneren Orientierung. Diese Parameter, das Feststellen des Zusammenhanges zwischen der Meßgröße und der Anzeige des Meßgerätes, können durch das Kalibrieren im Innern der Kamera erfaßt werden.

Immer dann jedoch, wenn ein Meßsystem nicht nur für eine einzige Meßaufgabe vorgesehen ist und die Position der auszumessenden Gegenstände nicht mit hoher Genauigkeit eingehalten werden kann, bedeutet die Kamerakalibrierung eine zeitlich aufwendige, zusätzliche Belastung, denn sie muß bei jedem Wechsel der Meßaufgabe vorgenommen werden.

Bekannt ist es, um auf die Kamerakalibrierung zu verzichten, telezentrisch ausgelegte Objektive einzusetzen. Man erreicht dadurch eine Unabhängigkeit der Bildgröße von der Objektentfernung und ist nicht mehr gezwungen, den Meßgegenstand vorher zu justieren.

Durch den Einsatz derartiger Objektive in automatischen Fertigungslinien wird eine effektive Qualitätskontrolle wesentlich vereinfacht. Allerdings ist man bei solchen optischen Systemen auch gezwungen, das Meßsystem zu kalibrieren. Die Ursache hierfür ist die Abhängigkeit des Abbildungsmaßstabes von der gewählten Bildebenenposition.

Um auf die Kamerakalibrierung vollständig zu verzichten, wurde bereits vorgeschlagen, beidseitig telezentrisch ausgebildete optische Systeme einzusetzen. Solche Objektive sind afokal und besitzen daher einen festen Abbildungsmaßstab, welcher sowohl von der Objekt- als auch von der Bildposition unabhängig ist. Eine solche Lösung ist in der EP 0299474 A2 beschrieben.

Allerdings ist das in diesem Patent vorgeschlagene optische System für die vorgenannten Meßzwecke nur bedingt geeignet, da es eine Regelung der Schärfentiefe nicht ermöglicht und Abbildungsmaßstäbe, welche deutlich von -1 abweichen, bei gleichzeitig hoher Bildqualität nicht realisierbar sind.

Weiterhin ist dieses Objektiv aufgrund der angestrebten kurzen Übertragungslänge aufwendig konstruiert, was

ausserdem zu dem Nachteil führt, daß bei einer größeren Variation der Objektebenenposition die Abbildungsqualität sehr nachläßt.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein beidseitig telezentrisches Meßobjektiv für berührungslose meßtechnische Systeme, das eine Innenkalibrierung der Kamera überflüssig macht, zu schaffen, welches konstruktiv einfach aufgebaut ist, und das in der Lage ist, über eine große Variationsbreite der Objektebenenpositionen eine hohe Abbildungsqualität zu erzielen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein optisches, aus zwei Teilsystemen bestehendes System gelöst, welches eine zwischen den zwei Teilsystemen angeordnete Irisblende vorsieht. Die beiden optischen Teilsysteme sind dabei zueinander so angeordnet, daß der hintere Brennpunkt des ersten Teilsystems mit dem vorderen Brennpunkt des zweiten Teilsystems zusammenfällt. Der Abbildungsmaßstab des Gesamtsystems ist gleich dem Verhältnis der Brennweiten der Teilsysteme.

Die beiden optischen Teilsysteme haben den gleichen prinzipiellen Aufbau, wobei die Glieder des zweiten optischen Teilsystems in umgekehrter Reihenfolge zum ersten optischen Teilsystem angeordnet sind.

Die optischen Teilsysteme bestehen aus jeweils drei Gliedern. Das erste Glied ist ein Kittglied mit positiver Brechkraft und einer streuenden Kittfläche. Das zweite Glied ist eine Sammellinse aus einem hochbrechenden Kronglas und das dritte Glied ist ein streuender Meniskus, dessen konvexe Seite dem Objekt zugewandt ist.

Ein weiteres kennzeichnendes Merkmal der Erfindung ist, daß der Luftabstand zwischen dem zweiten und dritten Glied des optischen Teilsystems wesentlich größer ist, als der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Glied.

Ein nach diesem Prinzip aufgebautes optisches System besitzt, wenn es zur verkleinernden Abbildung eingesetzt wird, eine bildseitige Apertur von mindestens 0,14. Es ist für einen Bildkreisdurchmesser von $0,2 \cdot f_2$ korrigiert, wobei f_2 die Brennweite des bildseitigen Teilsystems ist.

Eine Variation der Objektebenenlage ist in einem Bereich von

$$\pm 3 \text{ mm} \cdot \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2$$

50 möglich, ohne daß Einbußen bei der Bildqualität hingenommen werden müssen. Mit f_1 ist hierbei die Brennweite des objektseitigen Teilsystems bezeichnet.

Durch die Kombination solcher optischen Teilsysteme mit verschiedenen Brennweiten für die Bildseite bzw. die Objektseite, können beidseitig telezentrische Meßobjektive für unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe geschaffen werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung näher beschrie-

ben.

Es zeigen:

Fig. 1: den Aufbau eines Meßobjektivs für den Abbildungsmaßstab -1,

Fig. 2: den Aufbau eines Meßobjektivs für den Abbildungsmaßstab -0.5,

Fig. 3: den Aufbau eines Meßobjektivs für den Abbildungsmaßstab -0.25.

Fig. 1 zeigt ein beidseitig telezentrisches, aus einem bildseitigen optischen Teilsystem 1 und einem objektseitigen optischen Teilsystem 2 bestehendes Meßobjektiv mit einer mittig angeordneten Irisblende 3 für den Abbildungsmaßstab -1 und einer bildseitigen Apertur von 0,14. Die optischen Teilsysteme 1, 2 bestehen jeweils aus einem, dem Meßobjekt bzw. dem Abbild zugewandten Kittglied 4 mit positiver Brechkraft und einer streuenden Kittfläche. Das mittlere Glied des bild- bzw. objektseitigen Teilsystems 1, 2 ist jeweils eine Sammellinse 5 aus einem hochbrechenden Kronglas. Innen, der Irisblende 3 gegenüberliegend, ist jeweils ein streuender Meniskus 6, dessen konvexe Seite dem Objekt bzw. dem Abbild zugewandt ist, angeordnet.

In einem ersten Ausführungsbeispiel für ein beidseitig telezentrisches Meßobjektiv mit dem Abbildungsmaßstab -1 beträgt der Objekt-Bildabstand 284. Dabei ist innerhalb eines Entfernungsbereiches von 71 bis 77 eine beliebige Objektlage zulässig, ohne daß Einbußen bei der Abbildungsqualität hingenommen werden müssen. Das bildseitige optische Teilsystem 1 und das objektseitige optische Teilsystem 2 sind durch die folgenden numerischen Daten bestimmt:

	r	d	n_e	v_e
1.	130.882			
2.	-22.140	9.60	1.4891	70.2
3.	-127.464	2.00	1.6072	37.8
4.	40.965	3.10		
5.	-597.046	5.70	1.6413	55.1
6.	28.247	13.50		
7.	15.845	11.39	1.5848	40.6

Brennweite: 57

Abstand des hinteren Brennpunktes: 23.20

Hierbei bedeutet r den Krümmungsradius der entsprechenden brechenden Linsenfläche, n_e und v_e die Brechzahl bzw. Abbezahl für die Wellenlänge $e = 546$ nm des Glases, aus dem die betreffende Linse besteht, und d den Abstand zwischen den brechenden Linsenflächen gemessen auf der optischen Achse.

Gemäß einem zweiten, in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel für ein beidseitig telezentrisches Meßobjektiv mit einem Abbildungsmaßstab -0.5 und einer bildseitigen Apertur von 0.14, kann die Lage der Objektebene innerhalb eines Entfernungsbereiches von 185 bis 209 variieren, ohne die Abbildungsqualität zu beeinträchtigen. Dabei schwankt der Objekt-Bildabstand zwischen 467 und 485. Das objektseitige Teilsystem 7 ist, bei gleichem konstruktiven Aufbau wie im ersten Ausführungsbeispiel, durch folgende numerische Daten bestimmt:

	r	d	n_e	v_e
1.	163.039			
2.	-42.468	12.00	1.4891	70.2
3.	-219.485	4.00	1.6072	37.8
4.	53.840	14.72		
5.	96.899	11.40	1.6413	55.1
6.	38.188	42.58		
7.	20.358	22.78	1.5848	40.6

Brennweite: 114

Abstand des hinteren Brennpunktes: 28.07

Das bildseitige optische Teilsystem 1 ist das gleiche wie im ersten Ausführungsbeispiel beschrieben.

Bei einem dritten, in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel eines Meßobjektivs für einen Abbildungsmaßstab von 0.25 und einer bildseitigen Apertur von 0.14, kann die Lage der Objektebene innerhalb eines Entfernungsbereiches von 246 bis 342 schwanken, ohne die Abbildungsqualität zu beeinträchtigen. Dabei

bewegt sich der Objekt-Bildabstand zwischen 505 und 595. Das objektseitige optische Teilsystem 8 ist, bei gleichem konstruktiven Aufbau wie im ersten Ausführungsbeispiel beschrieben, durch die folgenden numerischen Parameter bestimmt:

	r	d	n_e	v_e
1.	243.547			
		17.00	1.4996	66.7
2.	-88.326			
		8.60	1.6072	37.8
3.	-342.441			
		82.40		
4.	72.157			
		12.00	1.6413	55.1
5.	78.537			
		163.70		
6.	47.746			
		22.80	1.5848	40.6
7.	29.641			

Brennweite: 228

Abstand des hinteren Brennpunktes: 4.75

Das bildseitige optische Teilsystem 1 entspricht auch hier dem im ersten Ausführungsbeispiel beschriebenen.

Patentansprüche

1. Beidseitig telezentrisches Meßobjektiv für die berührungslose Längenmessung im zwei- und dreidimensionalen Raum, bestehend aus zwei gleichartigen optischen Teilsystemen, deren einzelne Glieder in umgekehrter Reihenfolge zueinander angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den beiden optischen Teilsystemen (1, 2) eine Irisblende (3) angeordnet ist und die beiden optischen Teilsysteme (1, 2) dabei zueinander so angeordnet sind, daß der hintere Brennpunkt des ersten Teilsystems (1) mit dem vorderen Brennpunkt des zweiten Teilsystems (2) zusammenfällt, so daß der Abbildungsmaßstab des Gesamtsystems gleich dem Verhältnis der Brennweiten der Teilsysteme ist, und daß die beiden optischen Teilsysteme (1, 2) aus jeweils drei Gliedern bestehen, wobei das erste Glied ein dem Meßobjektiv bzw. dem Abbild zugewandtes Kittglied (4) mit positiver Brechkraft und

einer streuenden Kittfläche ist, das zweite Glied eine Sammellinse (5) aus einem hochbrechenden Kronglas und das dritte Glied ein streuender Meniskus (6) ist, mit einer dem Objekt bzw. dem Abbild zugewandten konvexen Seite, und daß der Luftabstand zwischen den Sammellinsen (5) und den streuenden Menisken (6) der optischen Teilsysteme (1, 2) wesentlich größer ist, als der Abstand zwischen den Kittgliedern (4) und den Sammellinsen (5).

2. Beidseitig telezentrisches Meßobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein bildseitiges optisches Teilsystem (1) und ein objektseitiges optisches Teilsystem (2), das durch die folgenden numerischen Parameter bestimmt ist:

	r	d	n_e	v_e
1.	130.882			
		9.60	1.4891	70.2
2.	-22.140			
		2.00	1.6072	37.8
3.	-127.464			
		3.10		
4.	40.965			
		5.70	1.6413	55.1
5.	-597.046			
		13.50		
6.	28.247			
		11.39	1.5848	40.6
7.	15.845			

Brennweite: 57

Abstand des hinteren Brennpunktes: 23.20

3. Beidseitig telezentrisches Meßobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein objektseitiges optisches Teilsystem (7), das durch die folgenden numerischen Parameter bestimmt ist:

Brennweite: 228

Abstand des hinteren Brennpunktes: 4.75

	r	d	n_e	v_e
1.	163.039	12.00	1.4891	70.2
2.	-42.468	4.00	1.6072	37.8
3.	-219.485	14.72		
4.	53.840	11.40	1.6413	55.1
5.	96.899	42.58		
6.	38.188	22.78	1.5848	40.6
7.	20.358			

5

10

15

20

25

Brennweite: 114

Abstand des hinteren Brennpunktes: 28.07

4. Beidseitig telezentrisches Meßobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein objektseitiges optisches Teilsystem (8), das durch die folgenden numerischen Parameter bestimmt ist:

30

	r	d	n_e	v_e
1.	243.547	17.00	1.4996	66.7
2.	-88.326	8.60	1.6072	37.8
3.	-342.441	82.40		
4.	72.157	12.00	1.6413	55.1
5.	78.537	163.70		
6.	47.746	22.80	1.5848	40.6
7.	29.641			

35

40

45

50

Fig. 1

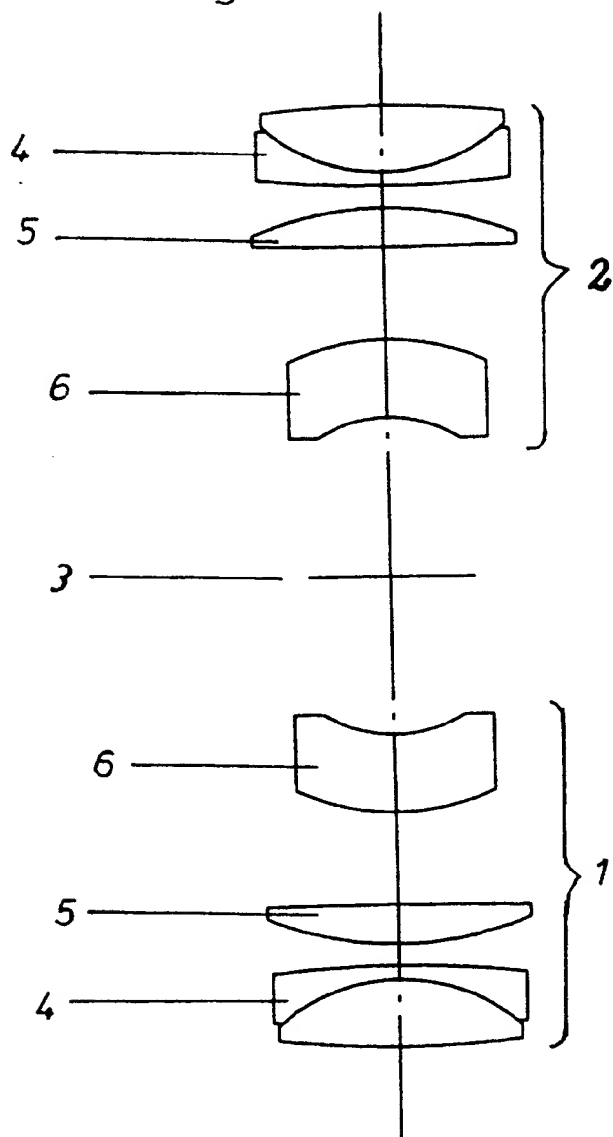


Fig. 2

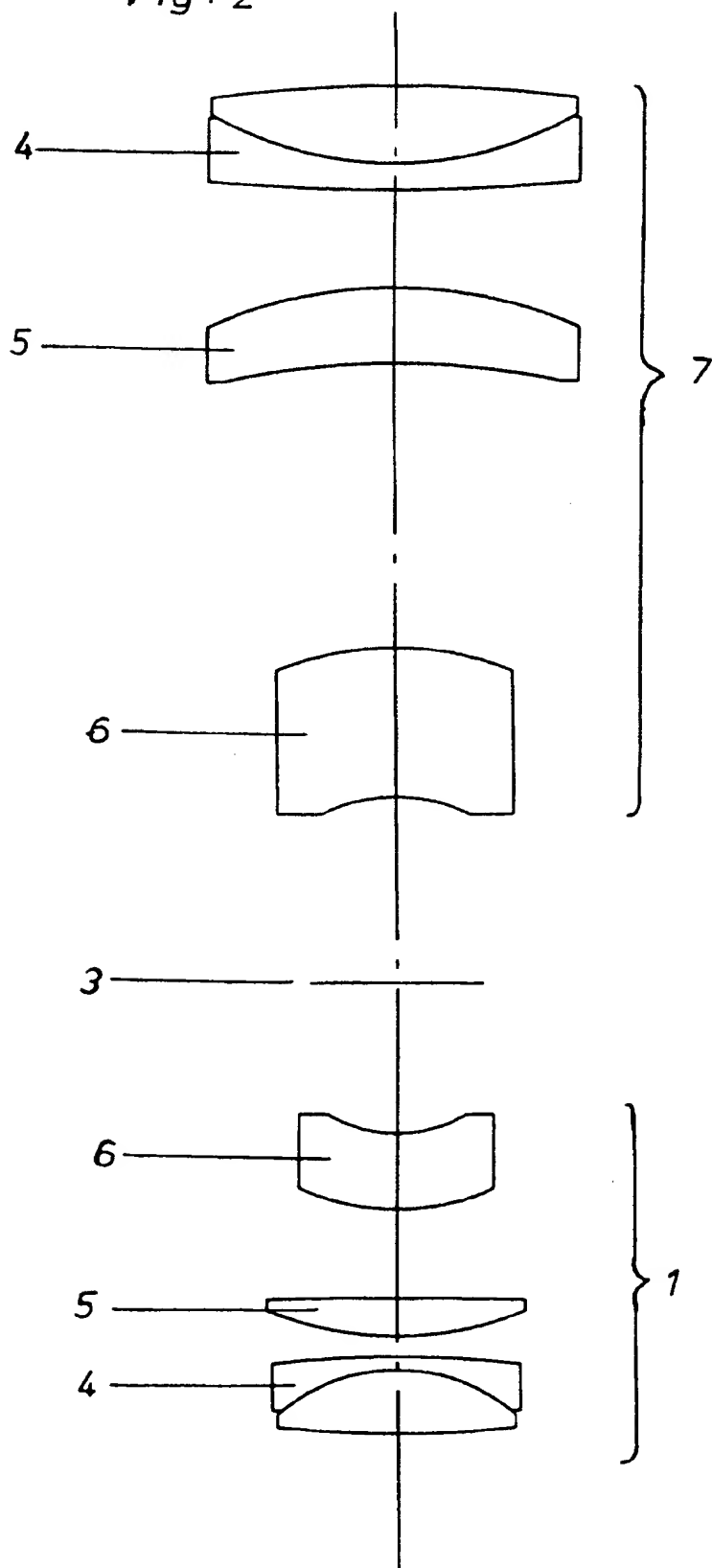
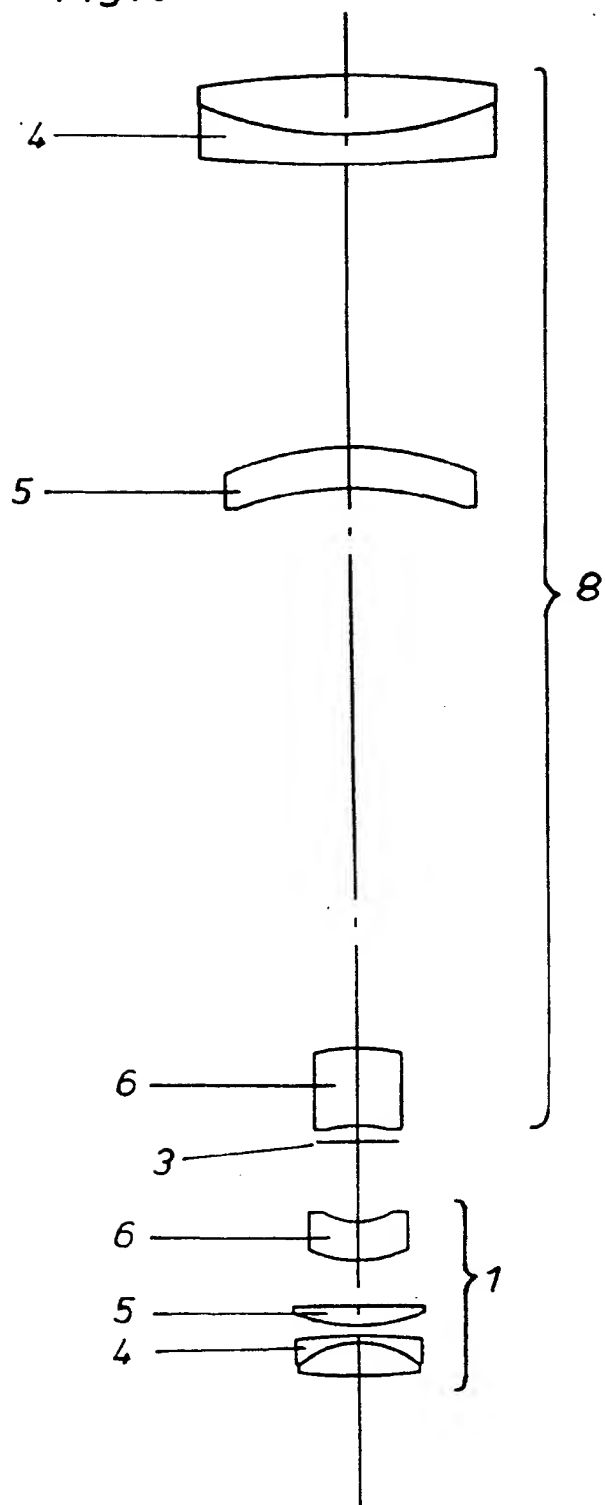


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 8559

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	GB-A-1 248 362 (THE RANK ORGANISATION) * das ganze Dokument *	1	G02B13/22
A	GB-A-1 423 597 (CARL ZEISS) * Seite 2, Zeile 87 - Zeile 99 * * Seite 3, Zeile 73 * * Abbildungen 1-3 *	1	
D,A	EP-A-0 299 474 (DAINIPPON SCREEN MANUFACTURING COMPANY) * das ganze Dokument *	1	
A	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED Week K01, 16. Februar 1983 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN A2593 P81 & SU-A-909 652 (ZNAK POCHETA GEODES) 4. Juni 1980 * Zusammenfassung; Abbildung *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 218 (P-1357) 21. Mai 1992 & JP-A-04 042 208 (DAINIPPON SCREEN MANUFACTURING COMPANY) * Zusammenfassung; Abbildung *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15. November 1995	Prüfer Ward, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur I : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 (3.12.1994) (P44C03)

THIS PAGE BLANK (USPTO)